

基于生态环境保护的农村污水治理问题研究

冉静仪

(江西鼎元生态环保有限公司, 江西 南昌 330096)

摘要: 农村污水治理是生态环境保护的重要组成部分, 更是维系乡村生态系统稳定、保障人居环境质量的关键环节, 对推动乡村生态与生产生活协同发展具有重要现实意义。当前农村污水治理工作虽取得一定进展, 但在技术适配、运维管理、协同发展等方面仍有提升空间, 影响了生态环境保护目标的全面实现。本文以生态环境保护为核心导向, 系统分析农村污水排放对生态环境的直接影响及生态目标对污水治理的约束要求, 梳理现有治理模式及存在的提升方向, 从技术优化、长效机制构建、协同发展路径三个维度提出针对性策略, 旨在为提升农村污水治理成效、促进生态环境保护与乡村发展深度融合提供理论参考和实践支撑。

关键词: 生态环境保护; 农村; 污水治理

中图分类号: X703

文献标识码: A

文章编号: 3106-2547 (2025) 10-0001-10

DOI: 10.62022/FHR.issn3106-2547.2025.10.001

Research on Rural Sewage Treatment Issues Based on Ecological Environment Protection

Jingyi Ran

(Jiangxi Dingyuan Ecological Environmental Protection Co., Ltd., Nanchang, Jiangxi 330096)

Abstract: Rural sewage treatment is an important component of ecological environment protection, and a key link in maintaining the stability of rural ecosystems and ensuring the quality of living environment. It has significant practical significance in promoting the coordinated development of rural ecology and production and life. Although some progress has been made in the current rural sewage treatment work, there is still room for improvement in technology adaptation, operation and maintenance management, and collaborative development, which has affected the comprehensive achievement of ecological environment protection goals. This article takes ecological environment protection as the core guidance, systematically analyzes the direct impact of rural sewage discharge on the ecological environment and the constraint requirements of ecological goals on sewage treatment, sorts out the existing governance models and improvement directions, and proposes targeted strategies from three dimensions: technological optimization, long-term mechanism construction, and collaborative development path. The aim is to provide theoretical reference and practical support for improving the effectiveness of rural sewage treatment, promoting the deep integration of ecological environment protection and rural development.

Keywords: ecological environment protection; rural areas; sewage treatment

乡村生态环境是乡村赖以生存和发展的基础, 农村污水治理作为乡村生态环境保护的核心抓手, 直接关系到水体、土壤等生态要素的质量稳定, 更影响着乡村生态系统的完整性与可持续性。随着乡村发展进程加快, 农村居民生活水平逐步提升, 养殖、加工等乡村产业规模不断扩大, 农村污水排放量也随之逐步增加, 且呈现出排放方式分散、排放时间不规律、污染物成分复杂等鲜明特征, 这些特征不仅对乡村生态环境造成了潜在影响, 也对污水治理工作的针对性、适配性提出了更高要求。立足生态环境保护目标, 科学开展农村污水治理工作, 不仅能够有效改善乡村人居环境, 减少污染物对水体、土壤的侵害, 更能推动污水资源化利用, 实现生态效益与经济效益、社会效益的统

一, 为乡村可持续发展筑牢生态根基。

一、农村污水排放对生态环境的直接影响

(一) 水体污染: 地表水与地下水水质恶化的主要诱因

农村污水来源广泛, 主要包括居民生活污水、养殖污水、小型加工污水及农田径流污水等, 这类污水中含有大量有机物、氮磷营养盐、病原微生物及少量重金属等污染物, 这些污染物直接排放后, 会对地表水与地下水水质造成显著且持续的影响。农村地表水多以沟渠、池塘、溪流、中小型水库为主, 这类水体普遍具有水流速度慢、水域面积小、自净能力弱的特点, 污水直接排入后, 污染物难以在短时间内被消解, 会逐步改变水体理化性质, 导致地表

作者简介: 冉静仪, 硕士, 工程师, 研究方向为农村生态治理与污水处理技术研发。

水溶解氧含量大幅下降, 水体透明度持续降低, 进而逐步出现富营养化现象。在富营养化作用下, 水体中浮游藻类会大量繁殖, 形成水华, 不仅会遮挡水生植物光合作用所需的光照, 导致水生植物生长受阻, 还会在死亡分解过程中消耗大量氧气, 加剧水体厌氧环境, 产生异味物质, 破坏地表水生态功能。

部分农村地区由于基础设施不完善, 缺乏统一且完善的污水收集系统, 生活污水多随意泼洒在庭院周边、道路两侧, 养殖污水直接排放至田间沟渠, 这些污水一部分会通过地表径流汇入周边水体, 使得地表水化学需氧量、氨氮、总磷等关键指标超标, 严重时还会导致水体发黑发臭, 丧失灌溉、景观等基本功能。据实际监测数据, 未经处理的农村生活污水中, 化学需氧量浓度通常在200毫克/升~500毫克/升, 氨氮浓度在20毫克/升~40毫克/升, 远超地表水灌溉用水标准, 这类污水汇入地表水后, 会快速降低水体水质等级, 影响周边水体的生态承载力。

相较于地表水污染, 地下水污染的隐蔽性更强、治理难度更大, 且恢复周期更长, 农村污水通过坑塘渗漏、沟渠侧渗等多种途径渗入地下含水层后, 会直接污染地下水水质, 对地下水生态系统造成不可逆的影响。污水中的氮磷污染物进入地下水后, 会在微生物作用下转化为硝酸盐, 导致地下水硝酸盐含量升高, 而硝酸盐含量超标会影响周边居民饮用水安全, 长期饮用硝酸盐超标的地下水, 会对人体消化系统、神经系统造成潜在危害。污水中的病原微生物, 如细菌、病毒、寄生虫卵等, 也可能通过地下水传播, 引发区域性的公共卫生隐患。此外, 部分农村地区仍存在采用未经有效处理的污水进行农田灌溉的情况, 这类污水在灌溉过程中, 除了会直接影响农作物生长, 还会通过土壤孔隙逐步灌入地下水, 进一步加剧地下水污染程度, 形成“污水排放—地下水污染”的连锁反应, 这种连锁反应会持续破坏水体生态系统的稳定性, 对乡村生态环境造成长期影响。

(二) 土壤污染: 污水灌溉引发的土壤结构破坏与肥力下降

污水灌溉是部分农村地区处理污水的常见方式, 尤其是在水资源相对短缺的区域, 农户为了节约灌溉用水, 同时实现污水的简易处置, 往往会直接使用未经达标处理的污水灌溉农田、果林、菜地等。但未经达标处理的污水灌溉, 会对土壤生态环境造成多重叠加影响, 逐步导致土壤结构破坏与肥力水平下降, 影响土壤生态系统的稳定性与可持续性。污水中含有大量可降解有机物, 这些有机物在土壤中被微生物分解时, 会消耗土壤中大量的氧气, 导致

土壤厌氧环境加剧, 土壤中的有益微生物, 如硝化细菌、固氮细菌等活性大幅降低, 而厌氧微生物大量繁殖, 使得土壤微生物群落结构失衡, 进而影响土壤的通气性与透水性, 破坏土壤团粒结构。

长期使用污水灌溉的土壤, 会逐步出现板结现象, 土壤容重增加, 从原本的1.1克/立方厘米~1.3克/立方厘米升至1.4克/立方厘米~1.6克/立方厘米, 土壤孔隙度降低, 农作物根系伸展阻力增大, 难以充分吸收土壤中的养分与水分, 不利于农作物生长发育, 甚至会导致农作物减产。污水中的重金属、病原微生物及过量氮磷等污染物, 会在土壤中逐步累积, 当累积量超出土壤自净能力后, 会破坏土壤养分循环平衡, 打破土壤中氮、磷、钾及微量元素的合理比例, 影响土壤肥力。过量的氮磷污染物会导致土壤中养分比例失衡, 一方面会促进田间杂草疯狂生长, 与农作物争夺养分、光照与水分, 另一方面还可能引发农作物徒长、倒伏、病虫害滋生等问题, 降低农作物品质。

重金属污染物在土壤中具有强稳定性、难降解性的特点, 会长期滞留在土壤中, 通过土壤—农作物系统逐步富集, 不仅会影响农作物根系发育、光合作用效率, 导致农作物产量与品质下降, 还会通过食物链传递, 对人体健康造成潜在威胁。此外, 污水中通常含有一定量的盐分, 长期用于灌溉会导致土壤盐分累积, 逐步加重土壤盐碱化程度, 使得土壤pH值升高, 进一步破坏土壤微生物环境与养分结构, 降低土壤肥力, 导致土壤逐步丧失耕种价值, 对乡村农业生产与生态环境造成双重危害。

(三) 生态链破坏: 污染物通过食物链传递对生物多样性的威胁

农村污水排放引发的水体、土壤污染, 并非孤立存在, 而是会通过食物链传递, 逐步进入乡村生态系统的各个环节, 影响乡村生态链的完整性与稳定性, 对生物多样性造成严重威胁。水体污染是破坏生态链的首要环节, 水体富营养化现象会导致浮游藻类大量繁殖, 挤占其他水生生物的生存空间与资源, 导致水生植物、水生动物群落结构单一化, 原本丰富的水生生物种类逐步减少, 仅少数耐污物种能够存活。藻类死亡分解过程中产生的藻毒素, 会对鱼类、贝类、甲壳类等水生生物造成毒害, 导致大量水生生物死亡, 破坏水体生态链的基础环节, 进而影响以水生生物为食的鸟类、两栖类、爬行类动物的生存, 导致这类生物的栖息地缩小、食物来源减少, 种群数量逐步下降。

例如, 在受污染严重的乡村沟渠中, 原本常见的鲫鱼、鲤鱼、青蛙等生物数量大幅减少, 甚至消失, 取而代之的是耐污能力强的食蚊鱼等少数物种, 水体生态链的完整性

被打破，生态系统的自我调节能力显著下降。土壤污染则会从陆生生态系统入手，影响陆生植物的生长繁殖，部分对污染物敏感的植物，如杨树、柳树的幼苗，各类草本花卉等，会因土壤污染物累积而出现叶片发黄、枯萎死亡等现象，导致植物多样性降低，植被覆盖率下降。植被作为生态链的基础生产者，其多样性降低会直接影响食草动物的生存，导致食草动物食物来源不足，种群数量萎缩。

农作物吸收土壤中的污染物后，会将污染物传递给食草动物，食草动物又会将污染物传递给食肉动物，形成污染物的食物链富集效应。这种富集效应会导致各级生物体内污染物浓度逐步升高，通常营养级越高的生物，体内污染物浓度越高，进而影响生物的生长发育、繁殖能力，导致生物繁殖率下降、幼体存活率降低，甚至出现基因变异等现象，部分生物种群数量会因之大幅减少，甚至濒临消失。生物多样性的降低会破坏乡村生态系统的食物链结构与生态平衡，进一步降低生态系统的自我调节能力，使得乡村生态环境陷入“污染—生物减少—生态失衡—污染加剧”的恶性循环。

二、生态环境保护目标对农村污水治理的约束要求

（一）水环境质量标准对污水排放浓度的限制

生态环境保护目标中，水环境质量标准是核心指标之一，该标准为农村污水排放浓度设定了明确且严格的约束，要求农村污水必须经处理后达到相应排放标准，才能排入水体环境，从源头控制污染物对水体的侵害。不同水体功能区根据其使用用途、生态价值，对应不同的水环境质量标准，农村污水排放需严格依据受纳水体的功能定位，控制各项污染物排放浓度，避免对受纳水体水质造成冲击，保障水体生态功能稳定。例如，用于农业灌溉的水体，需满足灌溉用水水质标准，对化学需氧量、氨氮、病原微生物等指标的限制相对宽松；景观水体需满足观赏性与生态性要求，对水体透明度、异味、总磷等指标要求更高；饮用水源保护区周边水体则需执行最严格的水质标准，对各类污染物浓度进行严格管控，严禁任何可能影响饮用水安全的污水排放。

水环境质量标准对农村污水治理提出了明确的量化要求，推动农村污水治理从“无序排放”向“达标排放”转变，要求各类农村污水治理设施必须具备相应的处理能力，确保出水水质稳定达标。为满足这一约束要求，农村污水治理需结合污水水质特征、排放去向、受纳水体功能等因素，科学选择适配的处理工艺，针对高浓度有机污水，需

采用强化厌氧、好氧处理工艺；针对氮磷含量高的污水，需采用脱氮除磷工艺；针对病原微生物超标污水，需强化消毒处理环节。同时，治理过程中需加强出水水质监测，定期对化学需氧量、氨氮、总磷、pH值等关键指标进行检测，及时调整处理参数，保障排放浓度始终符合水环境质量标准。

此外，水环境质量标准并非一成不变，会根据生态环境保护目标的升级、社会经济发展水平的提升进行动态更新，这也对农村污水治理技术升级、设施改造提出了持续要求，推动治理工作不断优化，逐步提升污水处理效果，更好地适配生态环境保护目标。

（二）土壤环境安全阈值对治理技术选择的影响

土壤环境安全阈值是生态环境保护的重要指标，其明确了土壤中各类污染物的最大允许含量，是保障土壤生态功能、农作物安全及人体健康的重要底线，该阈值对农村污水治理技术选择具有直接且关键的影响，尤其是针对污水资源化利用中的农田灌溉场景。农村污水经处理后用于农田灌溉是资源化利用的重要途径，但再生水必须满足土壤环境安全阈值要求，其污染物含量不得超过土壤安全阈值，避免污染物在土壤中累积超标，破坏土壤生态环境。这一约束要求，使得农村污水治理技术选择不能仅追求处理效果，还需兼顾资源化利用安全性，优先选择能够有效去除重金属、病原微生物、持久性有机物等污染物的技术，确保再生水水质符合土壤环境安全要求。

在技术选择过程中，需结合区域土壤类型、农作物品种、灌溉方式等具体因素，针对性优化治理技术参数，提升技术适配性与安全性。例如，对于重金属含量较高的农村污水，如养殖污水、加工污水，需选择化学沉淀、吸附、离子交换等技术强化重金属去除，确保再生水中重金属含量低于土壤安全阈值；对于病原微生物含量超标的污水，如生活污水，需采用紫外线消毒、二氧化氯消毒等高效消毒处理技术，杀灭病原微生物，确保再生水灌溉后不会对土壤微生物环境造成破坏，也不会通过农作物危害人体健康；对于酸性土壤区域，需在污水处理过程中适当调节出水pH值，避免再生水灌溉进一步降低土壤pH值，影响土壤肥力与农作物生长。

土壤环境安全阈值的约束，推动农村污水治理技术从“单一处理”向“处理+安全利用”一体化转变，促使治理技术不仅关注污染物去除率，更注重资源化利用的安全性与可持续性，进一步提升治理技术的针对性与实用性。

（三）生态修复需求对污水资源化利用的推动

生态修复需求是生态环境保护目标的核心内容之一，

其旨在通过人为干预与自然恢复相结合的方式,修复受损的水体、土壤、植被生态系统,恢复生态系统的完整性与自我调节能力,这一需求对农村污水资源化利用具有显著推动作用,促使农村污水治理从“末端处理”向“资源循环”转型,实现治理与修复的协同推进。乡村生态修复涵盖水体生态修复、土壤生态修复、植被生态修复等多个维度,而污水资源化利用能够为各维度生态修复提供有力支撑,构建“治理—修复—循环”的良性互动格局。

例如,经处理后的再生水可用于补充景观水体、灌溉生态植被,提升水体自净能力与植被覆盖率,加速水体与植被生态修复进程;污水中的氮磷资源可通过资源化技术回收,用于有机肥生产,补充土壤养分,改善土壤结构,助力土壤生态修复;处理污水过程中产生的污泥,经无害化处理后可作为土壤改良剂,用于修复盐碱化、贫瘠化土壤,提升土壤肥力。生态修复需求不仅推动了农村污水资源化利用的普及,更推动了资源化利用技术的研发与应用,要求治理过程中充分考虑资源回收与生态适配性,避免资源化利用过程对生态修复造成二次影响,确保资源利用与生态修复协同共进。

为满足这一要求,农村污水治理需结合区域生态修复目标,优化资源化利用路径,例如针对水体生态修复需求,合理控制再生水的排放流量与水质,避免流量过大、水质不达标对水体生态系统造成冲击;针对土壤生态修复需求,合理规划再生水灌溉范围、灌溉用量与灌溉周期,结合土壤质地、植被类型调整灌溉方案,实现资源利用与生态修复的协同推进;针对植被生态修复需求,筛选适配的再生水利用方式,确保再生水能够为植被生长提供充足水分与养分,加速植被恢复。

三、当前农村污水治理的主要模式

(一)分散式处理:单户或联户污水处理设施的应用现状

分散式处理模式是结合农村居住分散、污水排放量小、地形复杂、管网铺设难度大等特征形成的治理模式,适用于农村居住分散、农户间距较远、污水排放量少(单户日排放量通常在50升~200升)、地形复杂的山区、丘陵等区域,其核心是通过单户或联户污水处理设施,实现污水就地收集、就地处理、就地利用,避免因远距离输送污水导致的管网建设成本过高、污水渗漏等问题。单户处理设施多采用三格式化粪池、小型厌氧池、人工快渗池等工艺,这类设施结构简单、建设成本低(单户建设成本通常在1000元~3000元)、操作便捷,无需专业人员运维,适合偏远地区单家独户的污水处理需求。

三格式化粪池通过沉淀、厌氧发酵作用,可去除污水中60%~70%的有机物、50%左右的氮磷污染物,经处理后的污水可直接用于农田灌溉、果林浇灌或排入周边沟渠;小型厌氧池则通过厌氧微生物的代谢作用,分解污水中的有机物,降低污水污染物浓度,处理后的污水可作为农田灌溉用水,实现资源循环利用。联户处理设施则针对多户聚居(通常为3户~10户)、污水排放量相对集中的区域,通过建设小型污水收集管网,集中收集周边农户的污水,采用小型人工湿地、一体化处理设备、生物滤池等工艺进行处理,处理效果优于单户设施,出水水质更稳定,对有机物、氮磷的去除率可达到70%~80%,能够更好地满足排放或资源化利用要求。

当前分散式处理模式在农村地区的应用较为广泛,尤其是地形复杂、管网铺设难度大、经济水平相对较低的山区、丘陵地区,其应用占比逐步提升。这类模式具有施工周期短(单户设施施工周期通常为3天~7天,联户设施施工周期通常为10天~20天)、运维成本低、适配性强等优势,能够有效解决分散居住农户的污水排放问题,避免污水随意排放对生态环境造成污染。部分地区还结合乡村生产生活特点,优化分散式处理工艺,采用“厌氧+生态种植”“厌氧+人工湿地”等组合工艺,将处理后的污水用于浇灌房前屋后的果林、菜地、花卉,实现污水资源化利用,既减少了污染物排放,又为农作物生长提供了水分与养分,实现生态效益与经济效益的双赢。但分散式处理模式也存在处理规模小、处理效果参差不齐、设施标准化程度低等问题,部分农户因操作不当、维护不及时,导致设施处理效果下降,设施的标准化建设与规范化运维水平有待提高。

(二)集中式处理:村镇级污水处理站的建设与运行情况

集中式处理模式适用于农村居民聚居区、乡镇驻地、产业园区周边等污水排放量较大、人口密度较高(人口密度通常在100人/平方公里~300人/平方公里)的区域,其核心是通过建设村镇级污水处理站,配套建设统一的污水收集管网,实现污水集中收集、集中处理,提升污水处理效率与效果。村镇级污水处理站的处理工艺需结合污水排放量、水质特征、经济水平等因素选择,多采用生物处理工艺,如活性污泥法、生物膜法、SBR工艺(序批式活性污泥法)等,这类工艺对有机物、氮磷的去除率较高,能够确保出水水质稳定达标;部分站点结合生态处理工艺,如人工湿地、稳定塘等,在提升处理效果的同时,降低运行成本,适配农村运维能力。

集中式处理模式的处理规模差异较大,村级污水处理站日处理量多为50吨~500吨,主要服务于单个或多个行政

村的聚居农户；镇级污水处理站日处理量多为500吨~5000吨，服务于乡镇驻地及周边行政村的农户与小型产业。建设单位可根据聚居人口数量、污水排放量、未来发展规划等因素，合理规划污水处理站建设规模与工艺配置，避免出现处理能力过剩或不足的问题。污水收集管网作为集中式处理模式的重要配套设施，分为主管网、支管网与入户管网，通过管网将农户排放的污水统一收集至污水处理站，管网铺设需结合乡村地形、道路规划、建筑布局等因素，尽量减少对农田、植被的破坏，降低施工难度与成本。

当前集中式处理模式在农村聚居区的应用逐步扩大，尤其是在乡村振兴推进过程中，不少地区将村镇级污水处理站建设纳入美丽乡村建设、生态环境保护重点项目，加大资金投入力度，提升集中式处理设施的覆盖范围。这类模式具有处理效果稳定、出水水质易达标、便于统一管理等优势，能够有效解决大规模污水排放问题，显著改善聚居区生态环境与人居环境。部分经济水平较高的地区，还通过智能化改造，在污水处理站加装水质在线监测设备、自动控制设备、远程监控设备，实现对进水流量、水质指标、运行参数的实时监测与远程调控，提升运行效率与运维精细化水平，减少对专业运维人员的依赖。

但集中式处理模式也存在一定的局限性，建设成本高（镇级污水处理站及配套管网建设成本通常为50万元/千吨~100万元/千吨）、管网铺设难度大，对于地形复杂、农户距离较远的区域，管网铺设成本高、施工周期长，污水收集难度较大；部分站点由于规划不合理、乡村人口外流等原因，存在运行负荷不足（实际运行负荷低于设计负荷的50%）、资源浪费等情况，导致单位污水处理成本升高；同时，集中式处理设施对运维人员的专业能力要求较高，部分农村地区缺乏专业运维人才，影响设施运行稳定性，设施运行优化水平有待提高。

四、现存治理模式面临的突出问题

（一）技术适配性有待提高

农村与城市在地形地貌、人口分布、污水特征、经济水平、运维能力等方面存在显著差异，当前部分农村污水治理过程中，存在照搬城市污水处理工艺的现象，导致技术适配性不足，处理效果与实际需求脱节，工艺“水土不服”问题突出，技术适配水平有待提高。城市污水处理工艺多针对集中排放、水质稳定、水量大、污染物成分相对单一的城市污水设计，且城市具备完善的管网系统、充足的资金支持与专业的运维团队，能够保障工艺稳定运行；而农村污水具有排放分散、水质水量波动性大、污染物成

分复杂（融合生活、养殖、农田径流等多种污染物）、排放时间不规律等特征，与城市污水存在本质区别，照搬城市工艺必然导致处理效率低下、运行不稳定等问题。

例如，部分农村地区盲目采用城市大型生物处理工艺建设小型污水处理站，这类工艺对水质水量的稳定性要求较高，而农村污水排放量受农户生活习惯、季节变化影响较大，白天排放量多、夜间排放量少，雨季排放量大幅增加、旱季排放量减少，水质也随之剧烈波动，导致工艺难以稳定运行，出水水质达标率不稳定，甚至出现污染物去除不彻底的情况。农村经济水平与城市存在明显差距，部分城市污水处理工艺运行成本高、操作复杂，需要持续投入大量资金用于药剂采购、电费支出、设备维护，且需要专业人员进行操作调控，这些都超出了农村地区的经济承载能力与运维能力，导致设施难以持续稳定运行，部分设施甚至出现闲置、停运现象。

此外，农村地形复杂，多为山区、丘陵，部分处理工艺对场地要求较高，如大型人工湿地需要充足的平整场地、稳定的水力条件，在山区、丘陵地区难以推广应用；部分工艺需要铺设大规模管网，而农村农户分散、地形崎岖，管网铺设难度大、成本高，进一步降低了技术适配性。技术适配性不足还体现在资源化利用技术与农村需求脱节，部分资源化技术流程复杂、设备投资大、产品附加值低，需要专业人员操作，难以被农户接受与应用，技术的推广应用效果有待提高。

（二）设施运维困难

农村污水治理设施的长效稳定运行，离不开专业的运维管理与充足的资金支持，当前不少农村地区面临专业人才缺失与资金投入不足的双重压力，设施运维水平有待提高，这一问题已成为制约农村污水治理成效持续发挥的重要因素。专业人才缺失是农村污水治理设施运维面临的首要难题，农村地区普遍存在居住分散、交通不便、薪资待遇有限、发展空间狭小等问题，难以吸引和留住专业的污水处理运维人才，多数村镇的污水处理设施由村干部兼职管理或农户自主维护，这些人员缺乏系统的专业技术培训，不熟悉污水处理工艺原理、设备操作方法、故障排查技巧，难以应对设施运行过程中出现的设备故障、水质波动、参数异常等问题。

在日常运维中，部分人员因操作不当，导致处理参数不合理，影响处理效果；部分设施出现故障后，无法及时排查修复，导致设施停运，污水直接排放，污染生态环境；部分人员缺乏运维意识，不重视设施的日常清洁、保养，导致设备老化速度加快，使用寿命缩短，进一步增加运维

成本。资金投入不足是制约设施运维的另一重要因素,农村污水治理设施的运维需要持续投入资金,涵盖设备维修更换、药剂采购、电费支出、人员薪酬、水质监测等多个方面,且需要长期稳定的资金保障。

部分农村地区财政实力有限,难以保障稳定的运维资金,导致设施运维经费短缺,只能维持基础运行,无法及时对设施进行升级改造、设备更换与精细化运维,部分设施因缺乏资金维护,逐步出现处理效率下降、故障频发等问题。同时,社会资本参与农村污水治理运维的积极性有待提高,农村污水治理运维项目收益低、回报周期长、风险较高,缺乏完善的收益保障机制,难以吸引社会资本参与,资金筹措渠道较为单一,进一步加剧了资金压力,影响设施运维的持续性与稳定性。此外,部分农户环保意识薄弱,缺乏主动参与设施运维的意识,不愿意承担相应的运维费用,也在一定程度上增加了设施运维难度。

(三) 监管体系有待提高

农村污水治理监管体系是保障治理成效、规范治理行为、推动设施长效运行的重要支撑,当前农村污水治理监管体系薄弱,排放标准执行不严与监测覆盖不全的问题较为突出,监管效能有待提高,难以充分发挥监管的约束与保障作用。农村污水治理设施分布分散,数量众多,部分设施位于偏远地区,交通不便,给监管工作带来较大难度,导致部分地区存在“重建设、轻监管”的现象,对设施运行状态、出水水质的监管力度不足,排放标准执行流于形式。部分污水处理设施运营单位为降低成本,存在擅自降低处理标准、减少处理环节、停运设施偷排污水等行为,未能得到及时发现与纠正;部分农户环保意识薄弱,存在擅自停运自家分散式处理设施、偷排污水等行为,也难以被有效监管。

监测覆盖不全进一步加剧了监管漏洞,农村地区水质监测站点数量有限,监测范围难以覆盖所有治理设施,尤其是分散式处理设施的出水水质监测几乎处于空白状态,多数地区仅能对镇级污水处理站的出水水质进行定期监测,对村级污水处理站、联户及单户处理设施的监测缺失,无法全面掌握设施处理效果。部分已建成的监测站点存在设备老化、精度不足、维护不及时等问题,难以准确反映出水质实际情况,监测数据的科学性、可靠性不足;同时,监测数据缺乏有效的整合分析与共享机制,各部门监测数据相互独立,无法实现数据互通共享,难以为监管决策提供科学、全面的支撑。

此外,监管责任划分不够清晰,乡镇政府、村委会、环保部门、运维单位之间的监管职责界定不明确,缺乏完

善的协同监管机制,存在监管重叠或监管盲区,出现问题后容易相互推诿责任,进一步削弱了监管效能。部分地区缺乏明确的监管考核标准,对监管部门、运维单位的考核约束不足,难以调动各方监管积极性,导致监管工作流于表面,无法形成有效的监管闭环。

五、农村污水治理技术优化方向

(一) 低成本高效处理技术的研发重点

低成本高效处理技术是农村污水治理技术优化的核心方向,能够精准适配农村经济水平有限、运维能力薄弱、污水特征复杂等特点,在保障出水水质达标的前提下,最大限度降低建设成本与运行成本,同时简化操作流程,提升技术的适配性与推广价值,进而全面提升农村污水治理成效。这类技术的研发需坚持“低成本、高效率、易操作、强适配”的原则,兼顾处理效果与成本控制,既要满足生态环境保护对污染物去除的要求,又要符合农村地区的实际承载能力,确保技术能够落地推广并长期稳定运行。

自然净化技术作为低成本高效处理技术的重要组成部分,具有运行成本低、生态兼容性强、操作简单等优势,适合在农村地区推广应用,需重点改进人工湿地、稳定塘等生态处理工艺,优化工艺结构与植物配置,提升污染物去除效率。在人工湿地工艺改进方面,需优化填料组合,选用本土廉价填料,如沸石、砾石、秸秆、活性炭等,结合不同填料的吸附特性、孔隙结构,构建多层复合填料体系,提高对氮磷、有机物、重金属的吸附与降解能力,同时延长填料使用寿命,降低更换成本;筛选耐污性强、净化效果好、适应性广、易养护的本土水生植物,如芦苇、香蒲、菖蒲、美人蕉等,构建“植物—微生物—填料”协同净化体系,通过植物吸收、微生物降解、填料吸附的协同作用,提升自然净化能力,同时降低维护成本,避免引入外来物种对本地生态系统造成破坏。

针对农村污水水质水量波动大的特点,可优化人工湿地流态设计,采用潜流湿地与表面流湿地组合模式,提升湿地对水质水量波动的适应能力。稳定塘工艺可结合乡村现有沟塘资源进行改造,无需大规模开挖建设,降低建设成本;采用多级串联模式,如氧化塘、兼性塘、厌氧塘串联,强化水体循环与自净能力,减少能耗投入;在塘内种植水生植物、投放适量水生动物,构建小型生态系统,提升污染物去除效果,同时可将稳定塘与乡村景观建设相结合,提升生态与景观价值。

资源化利用技术方面,需聚焦污水中的氮磷回收与灌溉用水再生路径,研发低成本、易操作的资源化技术,实

现污水资源循环利用,提升治理工作的综合效益。氮磷回收技术研发需重点关注低成本工艺,如沉淀结晶法、吸附法、厌氧发酵法等,通过优化工艺参数,将污水中的氮磷污染物转化为有机肥原料、缓释肥料等产品,既减少污染物排放,又实现资源回收利用;例如,采用磷酸铵镁沉淀法,通过添加廉价药剂,使污水中的氮磷转化为磷酸铵镁沉淀,经分离提纯后作为缓释肥料,适配农村农业生产需求。灌溉用水再生路径优化需简化预处理流程,采用“厌氧预处理+过滤+消毒”组合工艺,去除污水中的有机物、悬浮物、病原微生物等污染物,选用低成本消毒技术,如紫外线消毒、二氧化氯消毒、次氯酸钠消毒等,确保再生水水质符合灌溉标准,同时降低处理成本;针对不同农作物的灌溉需求,优化处理参数,提供差异化的再生水灌溉方案,提升水资源利用效率。

低成本高效处理技术的研发与应用,能够有效缓解农村地区资金压力,降低设施建设与运维成本,提升设施运行的可持续性,同时实现污水资源化利用,推动治理工作与生态环境保护、农业生产协同发展,为农村污水治理提供经济可行、高效稳定的技术支撑。

(二) 适应农村特征的技术集成创新

适应农村特征的技术集成创新,需立足农村居住分散、地形复杂、运维能力弱、污水特征多样等核心特点,通过多技术融合、多工艺组合,打造适配性强、操作便捷、运维简单、灵活可调的一体化处理技术体系,精准解决农村污水治理技术“水土不服”问题,提升技术的实用性与推广价值。技术集成创新需坚持“因地制宜、灵活适配、简化运维、协同高效”的原则,根据不同区域的地形条件、污水排放量、水质特征、经济水平,提供差异化的技术集成方案,确保技术能够适配各类农村场景。

模块化设计是技术集成创新的重要方向,需重点开发便于运输与安装的标准化处理单元,根据农村污水排放量、水质特征,灵活组合模块,形成单户、联户、小型集中式等多种处理方案,适配不同的农村居住场景。模块化处理单元需采用标准化设计、工厂化生产,体积小巧、重量轻便,适合农村复杂地形的运输与安装,可快速完成设施搭建,缩短施工周期,降低施工难度与成本;每个模块具备独立的处理功能,如厌氧处理模块、好氧处理模块、过滤模块、消毒模块、脱氮除磷模块等,可根据实际需求灵活增减模块、调整组合方式,适配不同水质水量的处理需求。同时,模块需要具备可拆卸、可升级的特点,便于后期维护、设备更换与技术改造,延长设施使用寿命,降低更新成本;模块操作界面需简洁直观,配备简单的控制按钮与

指示灯,无需专业人员操作,农户或村干部经过简单培训即可掌握。

智能化管控技术的融合应用,能够有效降低农村污水治理设施对专业运维人才的依赖,提升运维效率与精细化水平,需将物联网技术、大数据技术、自动化控制技术应用用于设施运行状态实时监测,研发低成本的智能化监测设备与管控系统。智能化监测设备需聚焦农村实际需求,研发价格低廉、性能稳定、功耗低、易安装的传感器与数据采集设备,对处理设施的进水量、出水量、水质指标(化学需氧量、氨氮、总磷、pH值等)、运行参数(溶解氧浓度、反应时间、药剂投加量等)进行实时采集与传输,部分偏远地区可采用太阳能供电的智能化监测设备,解决供电难题,提升技术适配性。

通过搭建简易的智能化管控平台,实现运行状态的远程监控、数据实时展示、异常自动预警,当设施出现设备故障、水质异常、参数超标等问题时,平台可及时向运维人员、村干部发送预警信息,提醒相关人员及时处理,简化运维流程,降低运维难度;平台还可对监测数据进行初步分析,为运维参数调整提供建议,帮助非专业人员优化运行参数,提升处理效果。此外,可结合农村实际,开发适用于手机端的管控小程序,方便相关人员随时随地查看设施运行状态,接收预警信息,进一步提升运维便捷性。

技术集成创新能够有效解决农村污水治理技术“水土不服”问题,通过模块化设计提升技术的灵活性与适配性,通过智能化管控降低运维难度与成本,形成“模块化组合+智能化管控”的一体化技术体系,为农村污水治理提供多元化、精准化的技术支撑,推动农村污水治理技术水平全面提升。

(三) 全周期管理体系的构建与优化

农村污水治理的长期成效不仅取决于技术水平,更依赖于覆盖规划、建设、运维、监管的全周期管理体系。针对当前存在的“重建设、轻管理”现象,需着力构建权责清晰、标准规范、可持续运行的闭环管理体系,将技术设施的生命周期与农村的长期管护能力深度匹配,确保治理设施“建得成、用得起、管得好”。

首先,需建立科学务实的规划决策机制。规划阶段应充分结合村庄人口流动趋势、经济发展规划、生态敏感程度及村民实际意愿,合理确定治理模式(分散、集中或纳入城镇管网)与技术路线。推广以县域或乡镇为单元的统筹规划,鼓励相邻村庄共建共享处理设施,降低人均投资成本。同时,引入简易有效的农村污水水质水量监测与预测方法,为设施规模设计提供可靠依据,避免规模过度超

前或不足,从源头提升投资的精准性。

其次,需规范建设过程并保障工程质量。制定适合农村特点的简易建设标准与施工指南,明确关键材料、设备的质量要求。鼓励采用标准化、装配式的施工方式,缩短现场作业时间,减少对村庄环境的影响。强化建设过程的村民参与和监督,建立由乡镇干部、技术专家、村民代表共同参与的监督小组,对隐蔽工程、设备安装等关键环节进行监督,确保设施按设计规范建成,打通从“图纸”到“实物”的“最后一公里”。

最后,需要建立简便有效的监测评估与监督机制。不宜直接套用城市的复杂监测体系,而应结合农村实际,推行以“出水量观、水质抽检、群众评议”为核心的简化监管方式。除前述智能化在线监测外,可定期委托第三方或县级监测机构进行抽样检测。更重要的是,将设施正常运行情况、周边环境改善效果纳入对乡镇、村的生态文明考核范畴,并定期向村民公示运维费用、水质报告,接受群众监督。通过构建规划—建设—运维—监管的完整闭环,形成有效的约束与激励机制,才能确保农村污水治理设施长期稳定发挥效益,真正实现人居环境持续改善。

六、农村污水治理长效机制构建

(一) 政策保障体系完善

完善的政策保障体系是农村污水治理长效运行的重要基础与制度支撑,能够为农村污水治理工作提供清晰的方向指引、充足的资金支持、规范的流程标准,确保治理工作有序推进、持续见效。政策保障体系的完善需立足农村污水治理的实际需求,结合生态环境保护目标,构建涵盖专项规划、资金机制、技术标准、推广激励等多方面的综合性政策体系,形成“规划引领、资金保障、标准规范、激励推动”的长效政策格局。

专项规划制定方面,需衔接国土空间规划、乡村发展规划、生态环境保护规划,结合农村人口分布、地形地貌、污水特征、生态保护目标、产业发展规划等因素,科学编制农村污水治理专项规划,明确治理工作的总体目标、阶段性任务、区域布局、技术路线、设施规模、建设时序、资金需求等内容,避免盲目建设、重复建设与资源浪费。规划编制需坚持因地制宜、分类施策的原则,针对分散居住区域,重点规划分散式处理设施与小型收集管网,优先推广低成本高效处理技术;针对聚居区域,集中规划建设污水处理站与配套管网,提升集中处理能力;针对生态敏感区域,严格管控污水排放,强化资源化利用与生态修复协同。同时,专项规划需预留升级空间,根据农村人口变

化、产业发展、生态环境保护目标升级等情况,动态调整规划内容,确保规划的前瞻性与适应性;在规划实施过程中,需加强统筹协调,明确各部门、各乡镇的职责分工,确保规划落地执行。

资金投入机制方面,需打破单一财政投入模式,构建政府补贴、社会资本参与、农户适度分担的多元化融资模式,拓宽资金筹措渠道,为农村污水治理设施的建设、运维、升级改造提供充足且稳定的资金保障。政府需加大财政投入力度,设立农村污水治理专项补贴资金,重点支持污水治理设施建设、运维补贴、技术研发与推广、监测设备购置等方面;通过以奖代补、先建后补、示范带动等方式,调动农村集体、农户、企业参与治理的积极性,对治理成效显著的区域、单位给予资金奖励,对主动参与设施建设与运维的农户给予补贴。

积极引导社会资本参与农村污水治理,通过特许经营、委托运营、PPP模式(政府和社会资本合作)等方式,鼓励环保企业、农业企业等社会资本参与设施建设、运维与资源化利用,明确社会资本的收益渠道与责任边界,建立合理的收益分配机制与风险分担机制,保障社会资本的合法权益,提升社会资本参与积极性。同时,合理引导农户适度分担运维费用,通过宣传教育提升农户环保意识,让农户认识到污水治理的重要性,自愿承担部分运维费用,形成政府、社会、农户共同投入、共同受益的资金保障体系。

政策保障体系的完善,能够为农村污水治理提供清晰的方向指引与充足的资金支持,规范治理工作流程,明确各方权利义务,推动治理工作从“临时应对”向“长效推进”转变,为农村污水治理长效运行筑牢制度根基。

(二) 责任主体与监督机制明确

明确责任主体与监督机制,能够强化各方参与意识与责任意识,规范治理设施建设、运维与管理行为,保障治理成效落地见效,构建“各司其职、协同发力、全程监管、奖惩分明”的管理格局,推动农村污水治理工作规范化、长效化开展。责任主体的明确是前提,监督机制的完善是保障,两者相辅相成,共同支撑农村污水治理长效管理体系的有效运行。

权责划分方面,需清晰界定乡镇政府、村委会、农户、运维单位的治理责任,形成多方协同治理的工作合力。乡镇政府承担统筹协调、规划实施、资金统筹、监督管理等核心职责,负责组织推进本辖区内污水治理设施的建设、改造与升级,统筹筹措与分配治理资金,协调解决治理工作中的重大问题,加强对运维单位、村委会的监督管理,确保治理工作有序推进;村委会承担宣传引导、设施日常

巡查、农户动员、信息上报等职责，负责向农户宣传污水治理政策与环保知识，提升农户环保意识与参与积极性，定期对辖区内治理设施进行巡查，及时发现并上报设施运行故障、违规排放等问题，监督农户规范污水排放，组织农户参与设施日常维护。

农户承担主体责任，需自觉规范污水排放行为，将污水排入指定收集设施，主动参与设施建设与日常维护，爱护治理设施，不得擅自停运设施、偷排污水，积极配合村委会、运维单位的工作；运维单位承担设施专业化运维责任，需配备专业运维人员，严格按照运维标准开展设施日常操作、维护、检修与水质监测工作，确保设施稳定运行、出水水质达标，及时向乡镇政府、村委会反馈设施运行情况与资金需求。通过清晰的权责划分，避免责任推诿，明确各方工作重点，形成“乡镇统筹、村委落实、农户参与、企业运维”的协同治理格局。

考核制度方面，需将污水治理成效纳入地方生态考核指标体系，细化考核内容与标准，构建科学合理的考核评价机制，强化考核约束作用。考核内容需涵盖设施建设覆盖率、运行稳定率、出水水质达标率、资源化利用率、资金使用效率、农户满意度等核心指标，明确各指标的量化标准与评价方法，确保考核工作客观公正。建立常态化考核机制，定期开展月度、季度、年度考核评估，采用现场检查、水质监测、资料核查、农户调研等多种方式，全面掌握治理成效；考核结果与地方工作评价、资金补贴、干部绩效挂钩，对考核优秀的区域、单位给予资金奖励、政策倾斜，对考核不合格的给予通报批评、限期整改，情节严重的削减资金补贴，倒逼各方压实责任、提升工作成效。

同时，畅通群众监督渠道，设立举报电话、举报信箱、公示栏等，向农户公开设施运行状态、出水水质、资金使用等情况，鼓励农户参与监督，及时反馈设施运行问题与违规排放行为；对群众举报的问题，建立台账、限期处理、及时反馈，形成群众监督与专业监管相结合的多元监督格局。责任主体与监督机制的明确，能够强化各方责任意识，提升治理工作的规范化水平，确保治理设施持续稳定运行，保障生态环境保护目标的实现。

七、农村污水治理与生态环境协同发展路径

（一）生态农业联动模式

生态农业联动模式是农村污水治理与生态环境协同发展的重要路径，其核心是将污水治理与农业生产有机结合，以污水资源化为纽带，实现污水污染物减量排放与农业生产资源补给的双向赋能，既提升农村污水治理成效，又推

动生态农业发展，实现生态效益、经济效益与社会效益的统一。该模式能够充分发挥农村农业生产的资源优势，让污水经处理后成为农业生产的可用资源，形成“污水治理—资源回收—农业利用—生态保护”的良性循环，推动乡村生态环境与农业生产协同提升。

污水资源化与农田灌溉的有机衔接，是生态农业联动模式的核心内容之一，需优化再生水灌溉系统，结合农田分布、灌溉需求、地形条件，建设完善的再生水输送管网与灌溉设施，将经达标处理后的再生水科学用于农田灌溉，提升水资源利用效率，减少化肥使用量。在再生水灌溉系统建设方面，需根据农田分布范围、距离污水处理设施的远近，合理规划管网布局，采用低成本、抗腐蚀的管网材料，降低建设与维护成本；配套建设灌溉泵站、蓄水池、喷头等设施，实现再生水的高效输送与均匀灌溉。

根据农作物品种、生长周期、需水需肥规律，合理规划灌溉用量与灌溉时间，采用滴灌、喷灌等节水灌溉方式，避免过度灌溉导致土壤污染或水体流失；针对不同农作物的耐污性差异，分类规划灌溉区域，将再生水优先用于粮食作物、经济作物的非食用部分灌溉，确保农产品安全。同时，建立完善的再生水灌溉监测机制，定期监测土壤、农作物中的污染物含量，实时调整灌溉方案，确保灌溉安全，避免污染物累积超标。

粪污处理与有机肥生产的产业链整合，是生态农业联动模式的另一重要内容，需将农村养殖粪污与污水处理产生的污泥相结合，通过厌氧发酵、堆肥、腐熟等工艺，生产高品质有机肥，实现污染物资源化利用，减少化肥使用对土壤、水体的污染。在产业链整合过程中，需建设规模化粪污与污泥处理中心，采用低成本、高效的厌氧发酵工艺，将粪污与污泥转化为沼气与沼渣、沼液，沼气可作为清洁能源用于农户生活取暖、做饭，沼渣、沼液经进一步处理后作为有机肥；优化有机肥生产工艺，提升有机肥品质，根据不同土壤类型、农作物需求，生产专用有机肥，提高有机肥的适用性与市场竞争力。

建立“粪污+污泥—有机肥—农业生产”的循环链条，推动有机肥在农田中的广泛应用，替代部分化肥，改善土壤结构，提升土壤肥力，减少化肥流失对水体、土壤的污染。同时，加强产业链上下游协同，整合养殖企业、污水处理企业、有机肥生产企业、种植户等主体，建立稳定的合作机制，保障粪污、污泥的供应与有机肥的销售，实现产业链各环节的互利共赢。

生态农业联动模式能够有效提升污水资源化利用率，减少农业面源污染，改善土壤生态环境，推动农业生产与

生态环境保护协同发展,提升乡村生态系统的稳定性与可持续性,为乡村生态振兴与产业振兴提供有力支撑。

(二) 生态旅游融合模式

生态旅游融合模式能够将农村污水治理与乡村生态旅游发展深度结合,以污水治理改善乡村生态环境、提升乡村景观品质,以生态旅游带动污水治理设施长效运行、拓宽收益渠道,形成“治理促旅游、旅游反哺治理”的良性循环,实现生态效益与经济效益的统一,为乡村发展注入新动力。该模式既解决了农村污水治理的长效运行问题,又丰富了乡村生态旅游内容,提升乡村旅游品质与吸引力,推动乡村生态环境与旅游产业协同发展。

污水治理设施与乡村景观的协同设计,是生态旅游融合模式的核心抓手,需打破治理设施“单一功能性”认知,将分散式、集中式处理设施与乡村景观建设、生态修复有机结合,让治理设施成为乡村景观的一部分,实现功能性与观赏性的统一。在分散式处理设施设计方面,可将单户、联户处理设施与庭院景观、农田景观相结合,对三格式化粪池、小型人工湿地进行绿化、美化处理,在周边种植花卉、灌木等植物,将其融入庭院环境与田间风光,既隐藏设施本体,又提升景观效果;在集中式处理设施设计方面,将污水处理站外观与乡村建筑风格相融合,采用乡土建筑材料进行装饰,通过墙体绘画、屋顶绿化等方式,让污水处理站与乡村整体环境协调统一。

将人工湿地、稳定塘等生态处理设施与乡村景观节点建设相结合,搭配本土水生植物、景观步道、休憩座椅、指示牌等设施,打造生态景观节点、湿地公园、滨水步道等休闲场所,既发挥污水净化功能,又为游客与村民提供休闲娱乐空间;在处理设施周边种植观赏性强、净化效果好的植物,如荷花、睡莲、鸢尾等,形成独具特色的乡村生态景观,提升乡村颜值。

清洁水环境对乡村旅游品质的提升作用显著,通过污水治理改善沟渠、池塘、溪流、水库等水体环境,消除污水异味与黑臭现象,提升水体透明度与洁净度,打造清澈、优美的水环境景观,为乡村生态旅游奠定良好基础。依托清洁水环境,开发垂钓、亲水体验、游船观光、滨水露营等旅游项目,丰富乡村旅游内容,提升旅游吸引力;结合乡村文化特色,打造滨水文化景观,如沿水建设文化长廊、民俗雕塑、古桥遗址等,将水环境与乡村文化深度融合,

提升旅游文化内涵。

以生态旅游为契机,加强环保宣传教育,在污水处理设施、生态景观节点设置环保宣传牌、科普展板,向游客与村民普及污水治理知识、生态环境保护理念,提升游客与村民的环保意识,引导大家自觉爱护环境、规范污水排放,形成全民参与生态保护的良好氛围。同时,生态旅游产业的发展能够带动乡村经济增收,部分收益可反哺污水治理设施的运维,为设施长效运行提供资金支持,形成“治理—景观—旅游—保护—治理”的良性循环。

生态旅游融合模式能够提升农村污水治理的综合效益,推动乡村生态环境优化与旅游产业发展,为乡村振兴注入动力,同时强化污水治理的长效性,实现农村污水治理与生态环境、乡村旅游的协同共进。

八、结束语

农村污水治理作为生态环境保护的核心抓手,在维系乡村生态平衡、提升人居环境质量、推动乡村可持续发展中占据重要地位,其治理成效直接关系到生态环境保护目标的全面实现,更关系到乡村居民的生活品质与乡村产业的长远发展。相关部门今后应严格落实专项规划要求,聚焦农村实际需求推广低成本高效处理技术与模块化、智能化集成技术,持续完善政府补贴与社会资本参与的多元化资金机制,清晰界定乡镇政府、村委会、农户的权责划分并将治理成效纳入生态考核体系,同时深化生态农业与生态旅游融合模式,推动污水资源化利用与生态环境协同发展,从而实现农村污水治理与生态环境保护的深度融合,为构建宜居宜业的乡村生态环境、推动乡村高质量发展提供坚实保障,助力乡村生态振兴与可持续发展目标落地见效。

参考文献:

- [1]程越远,张悦.基于生态环境保护的农村污水治理问题研究[J].生态学与可持续发展研究,2025,2(03):75-77.
- [2]张静.生态环境保护背景下的农村污水治理探讨[J].皮革制作与环保科技,2025,6(15):96-98.
- [3]齐凤芹.基于生态环境保护的农村污水治理问题研究[J].农机市场,2025(03):58-60.
- [4]卢柳斌,曹烨.基于生态环境保护的农村污水治理问题研究[J].黑龙江环境通报,2024,37(09):136-138.
- [5]张晓彤.农村生态环境保护工作存在的问题及治理对策[J].现代农村科技,2024(08):113-114.